genuini enunciati dotati di senso e quindi di valore di verità, ma del tutto indecidibili, come, per esempio, il citato enunciato di Poincaré-Pap o l'enunciato "Esiste un mondo esterno indipendente dalla nostra esperienza". Così, non tutta la metafisica può essere liquidata come "non senso privo di valore cognitivo", come pretende una tesi fondamentale del positivismo logico, giustamente criticata da Popper (1934/59, cap. I).

Rimane ancora l'identificazione tra «scientifico» e «verificabile», dovuta al criterio verificabilista di demarcazione. Nella sezione seguente presenteremo alcune serie obiezioni al criterio verificabilista di demarcazione, che provano che anche questa identificazione è insostenibile.

2.3. Il criterio verificabilista di demarcazione

Nella sezione 2.1 abbiamo criticato l'uso della nozione pragmatica di «verificabilità» come criterio di significato, in grado di distinguere gli enunciati dotati di senso da quelli privi di senso. In questa sezione considereremo, invece, la «verificabilità» esclusivamente come un criterio di demarcazione tra enunciati scientifici ed enunciati non scientifici (o metafisici), del tutto scorporato dal criterio verificabilista del significato con cui era stato identificato dagli esponenti del positivismo logico.

Sulla necessità di separare il criterio di demarcazione dal criterio di significato ha insistito particolarmente Popper (1934/59, cap. I e 1983, cap. II), secondo cui la linea di demarcazione tra scienza e metafisica (o non scienza) va tracciata essenzialmente all'interno della classe degli enunciati dotati di senso, e non può, quindi, coincidere con la linea di separazione tra senso e non senso (vedi cap. 3). Ma questo comporta, come ha osservato Scheffler (1963, pp. 151-155), che il criterio di demarcazione presuppone comunque un criterio di significato in grado di specificare la classe degli enunciati significanti entro cui operare la distinzione tra quelli scientifici e quelli non scientifici (o metafisici). Così, per poter stabilire in modo adeguato un qualsiasi criterio di demarcazione, è necessario disporre di un criterio di significato. E nella sezione 2.1 abbiamo escluso la possibilità che le nozioni pragmatiche di «verificabilità», di «falsificabilità» o di «confermabilità» possono costituire criteri di significato adeguati. In alternativa, nella sezione 2.2, abbiamo suggerito un criterio puramente semantico di significato, basato sulla concezione vero-condizionale classica del significato, che abbiamo indicato come il criterio logico-semantico del significato (**CSS**), e che possiamo considerare come il presupposto di qualsiasi criterio adeguato di demarcazione.

Tenendo conto di ciò, possiamo allora riformulare il *criterio verificabilista di demarcazione* (**CVD**) come segue.

> **CVD**. Un enunciato (non analitico) è *scientifico* (cioè, *controllabile empiricamente*) se e solo se (i) è *dotato di significato cognitivo* secondo **CSS** e (ii) è *verificabile in linea di principio* tramite l'esperienza (in una delle accezioni di «verificabile» distinte nella *Osservazione 2.1*); altrimenti l'enunciato è non scientifico (metafisico).

Questa versione di **CVD** presenta alcuni evidenti vantaggi rispetto alla versione originaria. In primo luogo, grazie alla distinzione delle condizioni (i) e (ii), significato e verificabilità risultano nozioni distinte e non più equivalenti. Come abbiamo visto nella sezione 2.1, la verificabilità è una condizione sufficiente ma non necessaria del significato, e il significato è una condizione necessaria ma non sufficiente della verificabilità. Un enunciato, per poter essere verificato (o falsificato), deve essere dotato di senso (cioè, dotato di una condizione di verità); così l'insieme degli enunciati verificabili costituisce un sottoinsieme proprio dell'insieme degli enunciati significanti.

In secondo luogo, permette di cogliere la differenza tra i due generi di enunciati metafisici distinti alla fine della sezione 2.2: quelli che sono pseudoenunciati privi di senso e, quindi, neanche verificabili (o falsificabili); e quelli che, pur essendo genuini enunciati dotati di senso (e di valori di verità), sono, tuttavia, inverificabili in linea di principio. I primi corrispondono agli enunciati che non soddisfano la condizione (i), e, quindi, neanche la condizione (ii), di **CVD**; i secondi agli enunciati che soddisfano la condizione (i) ma non la condizione (ii) di **CVD.**

Ma come abbiamo già anticipato, la condizione di verificabilità (ii) è esposta ad alcune serie obiezioni, sollevate da numerosi autori – tra cui, in particolare, Popper (1934/59, cap. I; 1983, cap. II), Nagel (1934), Lewis (1944), Hempel (1950), Pap (1948, cap. XII, e 1961, capp. I e II), Scheffler (1963, Parte II) – che hanno mostrato che essa porta a escludere come non scientifici (o metafisici) enunciati che svolgono un importante e imprescindibile ruolo scientifico; violando, così, il requisito di adeguatezza materiale formulato nell'Introduzione 1. In particolare, seguendo questi autori, possiamo distinguere quattro principali classi di enunciati scientificamente rilevanti, che vengono, tuttavia, escluse dall'ambito della scienza, se la verificabilità è presa come criterio di demarcazione.

In realtà, queste classi di enunciati sono state utilizzate dagli autori summenzionati essenzialmente per la critica del criterio verificabilista del significato (**CVS**) e solo indirettamente come critica del criterio verificabilista di demarcazione; mostrando che, se la verificabilità viene presa come criterio di significato, come in **CVS**, allora tali enunciati risultano, non solo non scientifici, ma anche privi di senso, nonostante siano perfettamente significanti, sia dal punto di vista intuitivo, che dal punto di vista di **CSS**. Così, anche se in questa sezione verranno usati essenzialmente per provare l'inadeguatezza di **CVD**, essi rappresentano anche prove significative della inadeguatezza di **CVS**, in quanto forniscono ulteriori e rilevanti esempi di enunciati significanti ma inverificabili in linea di principio (vedi sezione 2.1).

Nel seguito esemplificheremo queste classi di enunciati con riferimento esclusivamente a enunciati in cui ricorrono, come espressioni descrittive, solo espressioni *osservative*; cioè espressioni la cui applicabilità a un oggetto può essere decisa mediante *osservazione diretta* (vedi Carnap, 1936-37, e Hempel, 1950). La ragione di questa restrizione è che se **CVD** esclude enunciati di questo tipo più semplice e meno problematico, a maggior ragione escluderà enunciati della stessa forma in cui ricorrono espressioni descrittive *non osservative*, come, per esempio, termini *disposizionali* e *teorici*.

2.3.1. La prima di queste due classi è costituita dagli *enunciati generali illimitati con quantificazione uniforme* (*universale o esistenziale*); ove per "enunciati generali *illimitati*" si intendono usualmente enunciati che vertono su domini *infiniti* di oggetti (ma per un commento critico di questa interpretazione di "illimitato" si veda l'*Osservazione 2.7*).

I limiti dell'applicazione di **CVD** a questa classe di enunciati possono essere illustrati considerando il tipo più semplice di tali enunciati, costituito da enunciati universali ed esistenziali, rispettivamente, di forma

(1) $(\forall x)\, P(x)$ (leggi: "Ogni cosa è P") e

(2) $(\exists x)\, P(x)$ (leggi: "Qualcosa è P")

(ove "P" è un predicato osservativo).

Secondo un punto di vista logico, non privo di una certa attrattiva, è possibile interpretare gli enunciati universali di forma (1) come abbreviazioni di *congiunzioni* di enunciati singolari osservativi, e gli enunciati esistenziali di forma (2) come abbreviazioni di *disgiunzioni* di enunciati singolari osservativi (si veda, per esempio, Ramsey, 1931, pp. 169-172; ma anche Quine, 1970, pp. 137-138 e 142-143).

Ora nel caso che (1) e (2) siano generalizzazioni *ristrette*, che vertono su domini *finiti* e *completamente ispezionabili* di oggetti, questa interpretazione non presenta particolari difficoltà, e può essere resa esplicita mediante le seguenti definizioni.

D$_1$. $(\forall x)\, P(x) =_{\text{def.}} P(t_1) \wedge P(t_2) \wedge \ldots \wedge P(t_n)$

D$_2$. $(\exists x)\, P(x) =_{\text{def.}} P(t_1) \vee P(t_2) \vee \ldots \vee P(t_n)$

(ove "t_1", …, "t_n" sono nomi propri (o costanti individuali) denotanti ognuno un differente oggetto del dominio su cui varia la variabile individuale "x", in modo che "t_1", …, "t_n" esauriscono tutti gli n oggetti del dominio).

In questo modo **D$_1$** e **D$_2$** specificano le condizioni di verità (nonché le condizioni di verificazione) degli enunciati di forma (1) e (2) in termini delle condizioni di verità (e delle condizioni di verificazione) di congiunzioni e disgiunzioni di enunciati singolari osservativi.

Ora, una congiunzione è vera (verificata), se *ogni* sua congiunta è vera (verificata), ed è falsa (falsificata), se *almeno una* delle sue congiunte è falsa (falsificata); mentre, al contrario, una disgiunzione è vera (verificata), se *almeno una* delle sue disgiunte è vera (verificata), ed è falsa (falsificata), se ogni *sua disgiunta è falsa* (*falsificata*). Ricordiamo, inoltre, che un enunciato è in linea di principio verificabile, se può essere dedotto da un insieme *finito* (e coerente) di enunciati osservativi, e che è in linea di principio falsificabile, se la sua negazione può essere dedotta da un insieme *finito* (e coerente) di enunciati osservativi (vedi *Osservazione 2.2*); a condizione che gli enunciati osservativi in questione descrivano osservazioni (o stati di cose osservabili) empiricamente (fisicamente) possibili (vedi *Osservazione 2.3*). Così – posto che quest'ultima condizione sia soddisfatta – le congiunzioni e le disgiunzioni che corrispondono a (1) e (2), in quanto combinazioni *finite* di enunciati osservativi, sono in linea di principio sia *verificabili* che *falsificabili*.

Ne segue che anche gli enunciati di forma (1) e (2), quando vertono su domini finiti completamente ispezionabili – in quanto logicamente equivalenti a congiunzioni e disgiunzioni (finite) di enunciati osservativi – sono in linea di principio sia *verificabili* che *falsificabili*. In particolare, in questo caso, un enunciato universale come (1) è verificabile, in quanto è deducibile dall'insieme *finito* $P(t_1)$, $P(t_2)$, …, $P(t_n)$ di tutti gli enunciati osservativi che sono i costituenti della congiunzione equivalente a (1); ed è *falsificabile*, in quanto la sua negazione, $\neg(\forall x)\,P(x)$, è deducibile anche da un singolo controesempio di (1), cioè da un singolo enunciato osservativo che corrisponde alla negazione, $\neg P(t_k)$, di un qualsiasi costituente $P(t_k)$ della congiunzione equivalente a (1). E un enunciato esistenziale come (2) è verificabile, in quanto è deducibile da un singolo esempio positivo, cioè da un qualsiasi singolo enunciato osservativo $P(t_k)$ che sia un costituente della disgiunzione equivalente a (2); ed è falsificabile, in quanto la sua negazione, $\neg(\exists x)\,P(x)$, è deducibile da un qualsiasi insieme finito di enunciati osservativi che corrisponde all'insieme $\neg P(t_1)$, $\neg P(t_2)$, …, $\neg P(t_n)$ di tutte le negazioni dei costituenti della disgiunzione equivalente a (2).

Così, tutti gli enunciati generali di forma (1) e (2) che esprimono generalizzazioni ristrette sono riconosciuti come autenticamente scientifici secondo tutte e tre le versioni di **CVD** distinte nella *Osservazione 2.1*.

La situazione è affatto differente, se, invece, (1) e (2) sono generalizzazioni *illimitate* che vertono su domini *infiniti* di oggetti. In questo caso, gli enunciati di forma (1) e (2) non possono essere definiti esplicitamente in termini di congiunzioni e disgiunzioni, perché si richiederebbero congiunzioni e disgiunzioni *infinite*, che non sono formulabili linguisticamente. Nessun enunciato, infatti, può essere costituito da una *sequenza infinita* di segni, dal momento che tali sequenze eccedono la capacità espressiva di qualsiasi linguaggio.

Ciò non di meno, dal punto di vista logico-semantico, esiste una *stretta analogia* tra gli enunciati universali ed esistenziali illimitati e le congiunzioni e disgiunzioni infinite. Ramsey (1931, p. 255) prova a mostrare questa analogia con riferimento alla *interpretazione referenziale standard* dei quantificatori, secondo cui un enunciato universale di forma (1) è vero se e solo se la funzione enunciativa (o formula enunciativa aperta) "P(*x*)" è soddisfatta da *ogni oggetto* del dominio preso come *valore* della variabile "*x*" (in breve, se la proprietà espressa dal predicato "P" è posseduta da ogni oggetto del dominio); e un enunciato esistenziale di forma (2) è vero se e solo se "P(*x*)" è soddisfatta da *almeno un oggetto* del dominio preso come *valore* della variabile "*x*" (in breve, se la proprietà espressa da "P" è posseduta da almeno un oggetto del dominio).

L'analogia risulta anche più stretta, se si considera *l'interpretazione sostituzionale* dei quantificatori (vedi Marcus, 1961 e Dunn and Belnap, 1968). Questa interpretazione richiede – proprio come l'interpretazione in termini di congiunzioni e disgiunzioni – che il linguaggio sia dotato almeno di tanti nomi (costanti individuali) quanti sono gli oggetti del dominio, in modo che ogni oggetto abbia almeno un nome; così, se il dominio è infinito, occorre che il linguaggio disponga di un numero infinito di nomi. Per l'interpretazione sostituzionale, un enunciato universale di forma (1) è vero se e solo se l'enunciato singolare P(t/*x*) – ottenuto sostituendo in "P(*x*)" la variabile "*x*" col nome t – è vero per *ogni nome* t del linguaggio; e un enunciato esistenziale di forma (2) è vero se e solo se l'enunciato P(t/*x*) è vero per *almeno un nome* t del linguaggio.

Sebbene l'interpretazione sostituzionale non comporta l'eliminazione degli enunciati generali in favore di funzioni di verità di enunciati singolari, è tuttavia evidente l'analogia con l'interpretazione in termini di congiunzioni e disgiunzioni: gli enunciati universali ed esistenziali possono, infatti, essere concepiti *idealmente* come, rispettivamente, le congiunzioni e le disgiunzioni di tutti i casi di sostituzione della interpretazione sostituzionale.

In questo modo gli enunciati generali illimitati possono essere concepiti come abbreviazioni compendiose di congiunzioni e disgiunzioni infinite che non possono essere scritte per esteso. Ramsey (*idem*, p. 255) mostra di accogliere questo punto di vista

– discusso nel *Tractatus* di Wittgenstein – quando sostiene che se gli enunciati universali illimitati vengono considerati enunciati significanti dotati di valori di verità, allora siamo costretti a considerarli come congiunzioni infinite che non possiamo esprimere direttamente per "mancanza di potere simbolico"; in caso contrario, sostiene Ramsey, dovremo concludere che essi non sono autentici enunciati veri o falsi.

Questa interpretazione degli enunciati generali presenta alcuni vantaggi esplicativi. Ramsey (*idem*, p. 171), per esempio, considerava questa interpretazione come l'unica in grado di spiegare la *regola di esemplificazione universale*, che permette di inferire "P(t)" da "$(\forall x)$ P(x)", e la *regola di generalizzazione esistenziale*, che permette di inferire "$(\exists x)$ P(x)" da "P(t)".

In particolare, questa concezione degli enunciati generali è utile per illustrare la questione della verificabilità e della falsificabilità degli enunciati generali illimitati. Se si considera quanto abbiamo detto circa le condizioni di verità e di verificazione delle congiunzioni e delle disgiunzioni, è del tutto evidente che la verità di una congiunzione infinita non può essere provata mediante la prova di alcun sottoinsieme *finito* di sue congiunte, mentre la sua falsità può essere provata attraverso la prova della falsità di una sua singola congiunta; e che la verità di una disgiunzione infinita può essere provata mediante la prova della verità di una sua singola disgiunta, mentre la sua falsità non può essere provata dalla prova della falsità di alcun sottoinsieme *finito* di sue disgiunte.

In questo modo, l'analogia con le congiunzioni infinite mostra, in modo semplice ed evidente, che gli enunciati universali illimitati non possono essere dedotti da alcun insieme finito di enunciati osservativi; mentre le loro negazioni sono deducibili, come nel caso finito, anche da un solo controesempio. E l'analogia con le disgiunzioni infinite mostra che gli enunciati esistenziali illimitati sono deducibili, come nel caso finito, anche da un solo esempio positivo; mentre le loro negazioni non possono essere dedotte da alcun insieme finito di enunciati osservativi (o di negazioni di enunciati osservativi).

Un terzo caso è costituito dagli enunciati di forma (1) e (2) che vertono su domini *finiti* ma *non completamente ispezionabili* di oggetti. Per "domini finiti non completamente ispezionabili" si intendono totalità o classi empiriche *epistemicamente aperte*, nel senso che è sempre possibile che abbiano un numero di elementi maggiore di quelli effettivamente osservati o osservabili, indipendentemente da quanto grande sia il numero di questi ultimi. In breve, le classi epistemicamente aperte non sono del tutto accessibili epistemicamente. In questa prospettiva un enunciato generale, esprimente una legge o ipotesi scientifica può essere detto *illimitato* solo nel senso di non essere ristretto a una particolare e circoscritta regione spazio-temporale, ma di riferirsi a ogni regione dello spazio e del tempo, e quindi anche a regioni a cui non è fisicamente possibile, neanche in linea di principio, avere accesso epistemico. Questo è sufficiente per considerare *illimitati* tali enunciati, senza dover supporre che i loro domini empirici o le regioni dello spazio-tempo fisico siano infiniti (vedi *Osservazione 2.7*).

In questo caso gli enunciati di forma (1) e (2) possono essere concepiti, rispettivamente, come congiunzioni e disgiunzioni finite di enunciati singolari, che non possono, tuttavia, essere tutti osservativi, a causa della non completa ispezionabilità del dominio (esempi di enunciati singolari non osservativi sono gli enunciati singolari su eventi passati, vedi sezione 2.3.4.). Non essendo costituite esclusivamente da enunciati osservativi, tali congiunzioni e disgiunzioni, pur essendo finite, si comportano rispetto alla verificabilità e alla falsificabilità esattamente come le congiunzioni e le disgiunzioni infinite: le congiunzioni posso essere falsificate, ma non verificate e le disgiunzioni verificate, ma non falsificate.

Così tutti gli enunciati generali illimitati, sia che vertano su domini infiniti, che su domini finiti epistemicamente aperti, si comportano rispetto alla verificabilità e alla falsificabilità allo stesso modo: quelli universali sono, in linea di principio, falsificabili ma non verificabili e quelli esistenziali sono, in linea di principio, verificabili ma non falsificabili.

Ora, su questa asimmetria tra la verificabilità e la falsificabilità degli enunciati universali ed esistenziali illimitati, è basata la principale e più comune obiezione a **CVD**. È opinione diffusa, infatti, che **CVD** porti a includere come scientifici gli enunciati esistenziali illimitati, in quanto verificabili in linea di principio, ma a escludere come non scientifici (o metafisici) tutti gli enunciati universali illimitati, in quanto inverificabili in linea di principio. Il che significa escludere anche tutti gli *enunciati condizionali universali illimitati*, a cominciare degli enunciati di forma $(\forall x)\ (P(x) \rightarrow Q(x))$, che esprimono leggi o ipotesi empiriche (o sperimentali) molto semplici e comuni come "Tutti i corvi sono neri" o "Tutti i metalli si espandono, quando vengono riscaldati". Ma in questo modo, come ha sottolineato Popper (1934/59, cap. I), **CVD** fallisce lo scopo stesso per il quale era stato introdotto, dal momento che esclude proprio gli enunciati scientifici più caratteristici e rilevanti, eliminando dall'ambito della scienza tutte le leggi di natura e, quindi, tutte le teorie scientifiche, in quanto sistemi di enunciati in cui ricorrono in modo essenziale enunciati esprimenti leggi o ipotesi scientifiche.

Va tuttavia osservato che questa obiezione vale solo per alcune e non per tutte le possibili interpretazioni di **CVD**. Nella *Osservazione 2.1* abbiamo distinto tre differenti versioni del criterio di verificabilità, basate su altrettante accezioni, più o meno strette, della nozione di «verificabilità». Ognuna di queste versioni traccia in modo differente la linea di demarcazione tra ciò che è scientifico e ciò che è metafisico (o non scientifico); e non tutti questi modi portano a escludere gli enunciati universali illimitati.

In particolare, per la versione $\mathbf{CV_1}$, gli enunciati universali illimitati, non essendo verificabili, sono non scientifici (metafisici), mentre gli enunciati esistenziali illimitati, essendo verificabili, sono scientifici. Per la più ristrettiva versione $\mathbf{CV_2}$, invece, sia gli enunciati universali che gli enunciati esistenziali illimitati sono entrambi non scientifici (metafisici): i primi perché non verificabili (anche se falsificabili), e i secondi perché non falsificabili (anche se verificabili). Per la più liberale versione $\mathbf{CV_3}$, infine, tanto gli enunciati universali quanto gli enunciati esistenziali sono entrambi scientifici: i primi perché falsificabili, anche se non verificabili, e i secondi perché verificabili, anche se non falsificabili.

Così, sia $\mathbf{CV_1}$ che $\mathbf{CV_2}$ tracciano la linea di demarcazione in modo da escludere gli enunciati universali illimitati e, quindi, anche tutte le leggi e le teorie scientifiche. Ma $\mathbf{CV_2}$ traccia questa linea in modo ancora più ristrettivo, escludendo anche tutti gli enunciati esistenziali illimitati; il che significa escludere enunciati come "Esiste un corvo bianco (non nero)" o "Esistono mammiferi ovipari" che sono, con ogni evidenza, genuinamente scientifici. La versione $\mathbf{CV_3}$, invece, traccia la linea di demarcazione nel modo più comprensivo, includendo tanto gli enunciati universali, purché almeno falsificabili, quanto tutti gli enunciati esistenziali, purché almeno verificabili; ed escludendo solo gli enunciati e le teorie che non sono né verificabili, né falsificabili.

È evidente allora che la principale e più comune obiezione rivolta a **CVD** riguarda solo le versioni $\mathbf{CV_1}$ **e** $\mathbf{CV_2}$, e non la versione $\mathbf{CV_3}$, che, *rispetto alla classe degli* *enunciati generali illimitati uniformemente quantificati*, rappresenta la versione più adeguata di **CVD**.

È altresì evidente, inoltre, che l'opinione comune su **CVD** si riferisce precipuamente alla versione **CV_1**, nonostante che molte formulazioni del criterio di verificabilità sembrano chiaramente riconducibili alla versione **CV_3** (vedi Carnap, 1936-37) o alla versione **CV_2** (vedi Popper, 1934/59, pp. 21 e 24).

Senonché la versione **CV_1** presenta un serio limite, da cui sono esenti, invece, per ragioni opposte, le versioni **CV_2** e **CV_3**. Questo limite dipende dal fatto che i quantificatori universale ($\forall$) ed esistenziale ($\exists$) sono l'uno il *duale* dell'altro. Essi sono, infatti, interdefinibili tra loro, mediante l'uso della negazione, come segue.

D_3. $\neg(\forall x)\, P(x) =_{\text{def.}} (\exists x)\ \neg P(x)$

D_4. $\neg(\exists x)\, P(x) =_{\text{def.}} (\forall x)\ \neg P(x)$

Così, per le definizioni **D_3** e **D_4**, la negazione di un enunciato universale è un enunciato esistenziale, e la negazione di un enunciato esistenziale è un enunciato universale. Ma abbiamo visto che per **CV_1** un enunciato universale illimitato è metafisico (non scientifico), mentre un enunciato esistenziale illimitato è scientifico. Ne segue, allora, che, per **CV_1**, la negazione di un enunciato metafisico (non scientifico) è scientifico e la negazione di un enunciato scientifico è metafisico (non scientifico). In questo modo alla negazione viene attribuita la sorprendente, quanto discutibile capacità di trasformare un enunciato metafisico in uno scientifico, e viceversa.

Osservazione 2.6. È interessante osservare che se si considera la versione **CV_1** di **CVS** ciò che si ottiene non è più soltanto intuitivamente inadeguato, ma anche logicamente scorretto. In questo caso, infatti, gli enunciati inverificabili sono non solo non scientifici (o metafisici), ma anche privi di senso. Così, per la definizione **D_3** e **D_4**, la negazione di un enunciato privo di senso sarà un enunciato dotato di senso, e la negazione di un enunciato dotato di seno sarà un enunciato privo di senso. Ma questo contrasta col requisito logico fondamentale che se un enunciato è dotato di senso, allora anche la sua negazione deve essere dotata di senso, e se è privo di senso, anche la sua negazione sarà priva di senso (vedi, al riguardo, Hempel, 1950 e Popper, 1983, § 20).

Ovviamente la versioni $\mathbf{CV_2}$ e $\mathbf{CV_3}$ di **CVD** non presentano questa difficoltà. Per la versione $\mathbf{CV_3}$, infatti, sia gli enunciati universali illimitati che gli enunciati esistenziali illimitati (del tipo considerato) sono entrambi scientifici, mentre per la versione $\mathbf{CV_2}$, sono entrambi metafisici (o non scientifici). Così, in entrambi i casi, la negazione non converte enunciati metafisici in enunciati scientifici, né viceversa. Ma nel caso di $\mathbf{CV_2}$, ciò è ottenuto al costo di escludere dal discorso scientifico non solo gli enunciati universali illimitati, ma anche gli enunciati esistenziali illimitati. (Una situazione analoga vale, ovviamente, *mutatis mutandis*, per le versioni $\mathbf{CV_2}$ e $\mathbf{CV_3}$ di **CVS**).

Abbiamo così mostrato che, almeno rispetto alla classe degli enunciati generali illimitati con quantificazione uniforme, fa differenza quale versione di **CVD** viene considerata; e che la versione $\mathbf{CV_3}$ è l'unica sufficientemente ampia da riconoscere uno stato scientifico sia agli enunciati esistenziali che agli enunciati universali illimitati, includendo, così, quelle leggi di natura che sono, invece, eliminate dalle versioni $\mathbf{CV_1}$ e $\mathbf{CV_2}$. È perciò piuttosto sorprendente che questa versione non sia stata presa nella dovuta considerazione dai critici di **CVD**; in particolare, da chi, come Popper, per ragioni che risulteranno evidenti nella sezione 3, ha criticato **CVD** essenzialmente per il fatto di escludere gli enunciati universali illimitati esprimenti leggi scientifiche. (Per la posizione di Popper al riguardo vedi sezione 3.1.1).

Ma vedremo ora che neanche la più liberale versione $\mathbf{CV_3}$ è sufficientemente ampia da includere le altre tre classi di enunciati, il cui ruolo scientifico è del tutto evidente.

2.3.2. La seconda classe è costituita dagli *enunciati generali illimitati con quantificazione mista* (*sia universale che esistenziale*).

I casi più semplici di enunciati generali con quantificazione mista sono enunciati di forma

(3) $(\forall x)(\exists y)\ \mathrm{R}\,(x, y)$ (leggi: Ogni cosa è nella relazione R con qualcosa) e

(4) $(\exists x)\ (\forall y)\ \mathrm{R}\,(x, y)$ (leggi: Qualcosa è nella relazione R con ogni cosa)

(ove "R" sta per un predicato *osservativo* che esprime una relazione diadica).

Adottando lo stesso punto di vista logico suggerito per gli enunciati di forma (1) e (2), possiamo interpretare gli enunciati di forma (3) e (4) – in quanto combinazioni di enunciati di forma (1) e (2) – come abbreviazioni, rispettivamente, di *congiunzioni di disgiunzioni* e di *disgiunzioni di congiunzioni* di enunciati singolari.

In questo modo, la questione della decidibilità degli enunciati di forma (3) e (4) può essere analizzata, distinguendo le stesse tre possibilità riguardo ai tipi di dominio su cui tali enunciati possono vertere.

La prima possibilità è che (3) e (4) vertano su domini *finiti* e *completamente ispezionabili* di oggetti empirici. In questo caso (3) e (4) risultano generalizzazioni *ristrette*, che possono essere definite esplicitamente in termini di combinazioni finite di congiunzioni e disgiunzioni di enunciati singolari *osservativi*, mediante le seguenti definizioni, analoghe alle definizioni $\mathbf{D_1}$ e $\mathbf{D_2}$.

$\mathbf{D_5}$ $(\forall x)(\exists y)\, R(x, y) =_{\text{def.}} (R(t_1, t_1) \vee R(t_1, t_2) \vee \dots \vee R(t_1, t_n)) \wedge (R(t_2, t_1) \vee R(t_2, t_2) \vee \dots \vee R(t_2, t_n)) \wedge \dots \wedge (R(t_n, t_1) \vee R(t_n, t_2) \vee \dots \vee R(t_n, t_n))$.

$\mathbf{D_6}$ $(\exists x)(\forall y)\, R(x, y) =_{\text{def.}} (R(t_1, t_1) \wedge R(t_1, t_2) \wedge \dots \wedge R(t_1, t_n)) \vee (R(t_2, t_1) \wedge R(t_2, t_2) \wedge \dots \wedge R(t_2, t_n)) \vee \dots \vee (R(t_n, t_1) \wedge R(t_n, t_2) \wedge \dots \wedge R(t_n, t_n))$.

In questo modo, $\mathbf{D_5}$ e $\mathbf{D_6}$ specificano le condizioni di verità e le condizioni di verificazione degli enunciati di forma (3) e (4) in termini delle condizioni di verità e delle condizioni di verificazione di congiunzioni finite di disgiunzioni finite e di disgiunzioni finite di congiunzioni finite di enunciati osservativi, rispettivamente. E poiché, come abbiamo visto, le congiunzioni e le disgiunzioni finite di enunciati osservativi sono in linea di principio sia verificabili che falsificabili, ne segue, ovviamente, che anche le loro combinazioni finite sono in linea di principio sia verificabili, che falsificabili. Di conseguenza, anche gli enunciati di forma (3) e (4), che vertono su domini finiti completamente ispezionabili – in quanto logicamente equivalenti a combinazioni finite di congiunzioni e disgiunzioni di enunciati osservativi – sono, in linea di principio, sia verificabili che falsificabili; nel senso che, sia essi, sia le loro negazioni (che, per le definizioni $\mathbf{D_3}$ e $\mathbf{D_4}$, corrispondono, rispettivamente a $(\exists x)\ (\forall x) \neg R(x, y)$ e $(\forall x)$ $(\exists y) \neg R(x, y)$) risultano deducibili da insiemi finiti di enunciati osservativi.

Pertanto, si può sostenere, in generale, che tutti gli enunciati con quantificazione mista, che esprimono *generalizzazioni ristrette* su domini finiti e completamente ispezionabili, sono riconosciuti – esattamente come gli enunciati universali ed esistenziali ristretti – appartenere al discorso scientifico, da tutte le versioni summenzionate di **CVD**.

La seconda possibilità è che (3) e (4) vertano, invece, su domini *infiniti* e, quindi, *non completamente ispezionabili* di oggetti empirici. In questo caso, (3) e (4) esprimono quelle che vengono considerate tipicamente generalizzazioni (miste) *illimitate*, che non possono essere definite *esplicitamente* in termini di congiunzioni di disgiunzioni e di disgiunzioni di congiunzioni di enunciati singolari, mediante definizioni come $\mathbf{D_5}$ e $\mathbf{D_6}$, dal momento che si richiederebbero congiunzioni infinite di disgiunzioni infinite e disgiunzioni infinite di congiunzioni infinite, che, come abbiamo visto, non sono formulabili per esteso. Cionondimeno, si deve riconoscere che, dal punto di vita logico-semantico, le condizioni di verità (e le condizioni di verificazione) degli enunciati di forma (3) e (4), che vertono su domini infiniti, sono esattamente quelle delle corrispondenti combinazioni di congiunzioni e disgiunzioni infinite, che, come direbbe Ramsey, non possiamo esprimere direttamente per "mancanza di potere simbolico".

Questa interpretazione degli enunciati generali, come abbreviazioni di combinazioni vero-funzionali (anche infinite) di enunciati singolari, permette una spiegazione intuitivamente semplice della differenza rilevante che esiste tra quantificazione uniforme e quantificazione mista su domini infiniti, rispetto alla verificabilità e alla falsificabilità. Si vede facilmente, infatti, che, a differenza delle congiunzioni infinite di enunciati singolari, che possono essere falsificate, ma non verificate, e delle disgiunzioni infinite di enunciati singolari, che possono essere verificate, ma non falsificate, le loro combinazioni non possono essere né verificate, né falsificate. Per esempio, una congiunzione infinita di disgiunzioni infinite non è verificabile, poiché, come abbiamo visto, la verità di una qualsiasi congiunzione infinita non può essere provata mediante la prova della verità di alcun suo sottoinsieme finito di congiunte. Ma – a differenza delle congiunzioni infinite di enunciati singolari – non può neanche essere falsificata, poiché, per provare la falsità di una congiunzione, occorre provare che almeno una sua congiunta è falsa. Ma, in questo caso, le congiunte sono costituite da disgiunzioni infinite; e, come abbiamo visto, la falsità di una disgiunzione infinita non può essere provata mediante la prova della falsità di alcun suo sottoinsieme finito di disgiunte. Lo stesso può essere provato, *mutatis mutandis*, riguardo alle disgiunzioni infinite di congiunzioni infinite. Di conseguenza, gli enunciati di forma (3) e (4), che vertono su domini infiniti – in quanto logicamente equivalenti a combinazioni di congiunzioni e disgiunzioni infinite – sono non verificabili e non falsificabili; nel senso che né essi, né le loro negazioni sono deducibili da insiemi finiti di enunciati osservativi.

La terza possibilità è che (3) e (4) vertano su domini *finiti* ma *non completamente ispezionabili* di oggetti empirici. In questo caso, (3) e (4) possono essere considerati esprimere generalizzazioni *illimitate* (nel senso specificato nella sezione 2.3.2 e nell'*Osservazione 2.7*) che sono traducibili, mediante definizioni come $\mathbf{D_5}$ e $\mathbf{D_6}$, in termini, rispettivamente, di congiunzioni finite di disgiunzioni finite e di disgiunzioni finite di congiunzioni finite di enunciati singolari, che non possono, tuttavia, essere tutti osservativi, a causa della non completa ispezionabilità del dominio. Nella precedente sezione, abbiamo mostrato che le congiunzioni e le disgiunzioni finite, in cui ricorrono anche enunciati singolari non osservativi, si comportano, rispetto alla verificabilità e alla falsificabilità, esattamente come le congiunzioni e le disgiunzioni infinite: le congiunzioni, essendo falsificabili ma non verificabili, e le disgiunzioni, verificabili, ma non falsificabili. Così, se si combinano tra loro queste congiunzioni e disgiunzioni, ciò che si ottiene sono congiunzioni non verificabili di disgiunzioni non falsificabili e disgiunzioni non falsificabili di congiunzioni non verificabili, che non possono essere né verificate, né falsificate, come si può facilmente provare con un ragionamento del tutto analogo a quello utilizzato precedentemente per le combinazioni di congiunzioni e disgiunzioni infinite. Ne segue che anche gli enunciati di forma (3) e (4) che vertono su domini finiti non completamente ispezionabili – in quanto logicamente equivalenti a combinazioni di congiunzioni inverificabili e disgiunzioni infalsificabili – sono completamente indecidibili: cioè né verificabili, né falsificabili.

Questo significa che il contenuto degli enunciati generali illimitati con quantificazione mista – sia che vertono su domini infiniti, che su domini finiti non completamente ispezionabili (cioè epistemicamente aperti) – eccede il contenuto di qualsiasi insieme finito di enunciati osservativi, in modo tale che né essi, né le loro negazioni sono deducibili da alcun insieme finito di enunciati osservativi. Di conseguenza, essi vengono esclusi come non scientifici (o metafisici) da tutte le versioni di **CVD**, inclusa la più liberale versione **CV$_3$**. Ma, in questo modo, **CVD** esclude anche enunciati genuinamente scientifici come "Per ogni sostanza esiste almeno un solvente" o "Alcune sostanze non hanno solventi". E ovviamente, un criterio di demarcazione che ha queste conseguenze, non è accettabile.

In questa sezione e nella precedente, abbiamo mostrato che, rispetto alla decidibilità, la quantificazione su totalità finite non ispezionabili si comporta esattamente come la quantificazione su totalità infinite (vedi, al riguardo Dummett, 2004, pp. 102-103). E questo solleva un serio problema per il criterio di verificabilità, in quanto comporta l'esclusione di enunciati empirici scientificamente rilevanti, anche nel caso che questi vengano interpretati in modo da evitare ogni riferimento alla nozione problematica di «infinito» (vedi *Osservazione 2.7*).

2.3.3. La terza classe riguarda gli *enunciati probabilistici* di forma

(5) $pr(A \mid B) = r$ (leggi: La probabilità che si realizza un evento di tipo A, dato un evento di tipo B, è r)

(ove pr è il funtore di probabilità, A e B sono classi di eventi, con B come classe di riferimento, ed r è un numero reale tra 0 e 1, estremi inclusi).

Va osservato che la nozione di «probabilità», involta da enunciati empirici come (5), va interpretata come la nozione di «probabilità statistica (o empirica)», che appartiene al linguaggio oggetto della scienza, e non come la nozione di «probabilità epistemica», che appartiene, invece, al metalinguaggio della scienza. (Per questa distinzione si veda Carnap, 1966, capp. II-III, e Galavotti, 2000, capp. IV-VI).

Ora, gli enunciati di probabilità statistica come (5) sono controllabili empiricamente solo sulla base di resoconti osservativi descriventi le *frequenze relative* effettivamente rilevate di eventi di tipo A entro una classe – campione *finita* di eventi osservati di tipo *B*. Ma, ovviamente, nessun resoconto finito di questo tipo può verificare o falsificare un enunciato come (5). Si consideri il seguente esempio di enunciato di forma (5): “la probabilità che il lancio di questa moneta irregolare (evento di tipo *B*) dia come risultato testa (evento di tipo *A*) è 1/3”. Ora, supponiamo che vengano effettuati un certo numero finito *n* di lanci della moneta, ottenendo *m* volte testa; allora la frequenza relativa osservata è data dal rapporto *m*/*n*. Ma qualsiasi sia il valore di *m*/*n* (sia esso *uguale*, *maggiore* o *minore* di 1/3), esso non potrà mai costituire una prova conclusiva (positiva o negativa) dell’enunciato probabilistico, poiché la frequenza rilevata sulla base di un qualsiasi numero finito *n* di lanci della moneta, può variare al crescere di *n*, cioè, continuando la serie dei lanci. E non esiste alcun numero finito, per quanto grande, di lanci, raggiunto il quale si può decidere, in modo non arbitrario, che il controllo dell’enunciato è giunto a termine. La ragione è che, in un enunciato di forma (5), la classe di riferimento *B* è supposta essere potenzialmente *infinita*, in quanto si riferisce non solo agli eventi effettivamente osservati, ma anche a tutti gli eventi potenzialmente osservabili di tipo *B*, che sono assunti essere di numero infinito (per una critica di questa assunzione si veda l’*Osservazione 2.7*). Di conseguenza, nessun numero finito di controlli – in quanto necessariamente limitati a sottoinsiemi finiti della classe di riferimento *B* – sarà sufficiente a determinare in modo univoco la probabilità statistica di eventi di tipo *A*. In particolare, controlli successivi – essendo basati su campioni costituiti da differenti sottoinsiemi finiti della classe di riferimento *B* – tenderanno a fornire stime di probabilità di volta in volta differenti. Né, d’altra parte, si può valutare la probabilità, come la frequenza rispetto a classi di riferimento infinite, dal momento che il valore di una frazione con denominatore infinito è sempre uguale a zero.

Per superare queste difficoltà, von Mises (1928/39) e Reichenbach (1935/49) proposero di definire la nozione di «probabilità statistica», non come semplice «frequenza relativa», ma come il «limite a cui tende la frequenza relativa, quando il numero degli eventi tende all’infinito».

Naturalmente, il riferimento a *serie infinite di eventi osservativi*, involto dalla nozione matematica di «limite», è fonte di notevole difficoltà, sia teoriche che pratiche: è ovvio, infatti, che è in linea di principio impossibile disporre di una serie infinita di osservazioni. Tuttavia, questo punto di vista si basa sull’assunzione che le fluttuazioni dei valori delle frequenze relative diminuiscono a mano a mano che aumenta il numero di casi osservati. Si può, allora, supporre che se si prosegue la serie delle osservazioni *indefinitivamente*, le frequenze tenderanno gradualmente verso un preciso valore numerico, che è ciò che i matematici chiamano *limite*: la probabilità statistica viene, così, identificata col *valore limite* cui tendono le frequenze relative osservate in serie che si suppongono crescere indefinitivamente. Naturalmente, data l'impossibilità fisica di proseguire la serie di osservazioni all'infinito, un tale valore limite non potrà mai essere effettivamente raggiunto. Ma l'idea di fondo è che i valori delle frequenze relative osservate tenderanno a stabilizzarsi all'aumentare del numero dei casi considerati, cioè col crescere della serie delle osservazioni effettuate. Così – si sostiene – se si dispone di una serie di osservazioni *sufficientemente ampia*, si potranno ottenere stime *molto prossime* al valore limite.

Da questo punto di vista, gli enunciati di probabilità statistica come (5) esprimono *ipotesi sul valore limite* cui tendono le frequenze relative degli eventi osservati di tipo *A* entro serie infinite di eventi di tipo *B*. Il problema è, allora, come si possano controllare (provare) queste ipotesi, avendo a disposizione esclusivamente dati concernenti i valori delle frequenze relative effettivamente osservati su campioni finiti di eventi di tipo *B*. Per esempio, quali caratteristiche deve avere una serie - campione di lanci di una moneta irregolare per costituire una prova (positiva o negativa) dell'(ipostesi espressa dall') enunciato "La probabilità che il lancio di questa moneta irregolare dia come risultato testa è 1/3"?

Sembra evidente che occorrerebbe almeno specificare le seguenti due condizioni: (a) l'ampiezza che deve avere la serie-campione per essere affidabile e (b) l'intervallo entro cui deve trovarsi la frequenza relativa osservata per essere probante. Ma la difficoltà sta nel sapere come queste condizioni possono essere specificate in modo non arbitrario.

Per risolvere il problema della controllabilità degli enunciati statistici di forma (5) sono stati sviluppati metodi matematici sofisticati – come la teoria bayesiana della conferma – che, facendo uso del calcolo delle probabilità, permettono di valutare la probabilità epistemica (o grado di conferma) della ipotesi espressa da un enunciato di forma (5), in termini che dipendono, tra l'altro, dalla probabilità della serie-campione in grado di fornire il valore più vicino alla probabilità espressa dall'ipotesi da controllare.

Tralasciando gli aspetti tecnici di questi metodi (per i quali rimandiamo a Pap, 1961, capp. XI e XII, e in particolare a Howson e Urbach, 1989, capp. VIII-X e XIII-XIV), ci limitiamo ad osservare che essi non forniscono alcuna prova conclusiva della verità (o della falsità) degli enunciati di forma (5), ma solo una *prova della probabilità* che un enunciato di forma (5) ha di essere vero (o falso) relativamente all'evidenza empirica disponibile; e che possiamo interpretare come la *probabilità* (*epistemica*), calcolabile per mezzo del teorema di Bayes, della *probabilità* (*statistica*) espressa dall'enunciato (vedi sezione 4.2.3). Ciononostante, non potendo essere né verificati ne falsificati in modo conclusivo, gli enunciati di probabilità statistica sono esclusi come non scientifici da tutte le versioni summenzionate di **CVD**, compresa la più liberale versione **CV_3**. Ma, in questo modo **CVD** porta a escludere anche tutte le leggi e le teorie statistiche, che svolgono, in modo del tutto evidente, un ruolo fondamentale e imprescindibile in vasti settori della scienze naturali e sociali. E un criterio di demarcazione che ha queste conseguenze non è ovviamente accettabile.

Osservazione 2.7. Nelle sezioni 2.3.1 – 2.3.3 abbiamo considerato l'interpretazione usuale degli enunciati generali illimitati, come enunciati che vertono su domini *infiniti* di oggetti empirici, e degli enunciati di probabilità statistica, come riguardanti classi di riferimento *infinite*; interpretazione da cui viene fatta in genere dipendere la natura indecidibile (o al massimo semidecidibile) di tali enunciati.

Ovviamente questa interpretazione presuppone l'esistenza di *totalità* o *classi empiriche infinite*. Ma l'idea che la nozione matematica di «infinito» possa essere legittimamente usata oltre l'ambito della matematica e della logica pure, e convenientemente applicata a totalità empiriche, è piuttosto discutibile, nonché fonte di notevoli difficoltà, sia teoriche che pratiche, e, inoltre, non necessaria.

Secondo Regge (1994, Introduzione), l'insorgenza di *infiniti* nelle scienze empiriche solleva seri problemi, che impongono una revisione delle teorie, intesa a rimuovere questi infiniti – o almeno a esorcizzarli, rendendoli temporaneamente innocui; anche se essi tenderanno a ricomparire sotto altra forma, portando così avanti, attraverso i tentativi di eliminarli, il processo evolutivo delle scienze.

Questa tensione tra finito e infinito si ritrova,ovviamente, anche nelle recenti concezioni cosmologiche, riguardo alle dimensioni dell'universo. Secondo il modello cosmologico standard – basato sulla teoria della relatività generale e sull'ipotesi del Big Bang – l'universo si configura come un sistema *spazialmente finito* e *illimitato* (per effetto della curvatura dello spazio prodotta dalla distribuzione della massa) in espansione e progressivo raffreddamento, che ha avuto inizio con il Big Bang. Naturalmente rimane aperto il problema di prevedere gli sviluppi futuri del sistema. A questo riguardo sono state avanzate almeno due principali ipotesi, tra loro opposte, ma entrambe compatibili col modello standard. Secondo la prima ipotesi l'universo è destinato a collassare in un Big Crunch. Secondo la seconda ipotesi, invece, l'universo continuerà ad espandersi *indefinitivamente*, divenendo sempre più freddo e vuoto. Così, la prima ipotesi porta a concepire un *universo chiuso* (*finito*), dotato di una *durata finita* e una *estensione finita*, mentre la seconda ipotesi porta a un *universo aperto* (*infinito*), caratterizzato da una *durata infinita* e, di conseguenza, da una *estensione* (o *estendibilità*) *infinita*.

Secondo Regge, la scelta tra queste due possibilità potrà essere decisa solo sulla base della evidenza osservativa. Ma non è affatto chiaro come un qualsiasi corpo di evidenze osservative, necessariamente finito, possa verificare, o anche solo confermare a qualche grado, una ipotesi di infinità (per una discussione delle differenti ipotesi cosmologiche finitarie e infinitarie si veda Luminet e Lachièze-Rey, 2005).

Naturalmente, se si accetta l'ipotesi di finitezza dell'universo e, di conseguenza, di tutte le totalità o classi empiriche, non c'è più alcuna ragione di concepire gli enunciati generali empirici illimitati – inclusi quelli che esprimono leggi empiriche – come vertenti su totalità o domini infiniti. In questa prospettiva, un enunciato generale può essere detto *illimitato* solo nel senso di non essere ristretto a una particolare e circoscritta regione spazio-temporale, ma di riferirsi a ogni regione dello spazio e del tempo; senza che ciò comporti la supposizione che lo spazio e il tempo fisici siano infiniti. Così, per esempio, enunciati come "Tutti i corvi sono neri", "Esistono mammiferi ovipari" e "Per ogni sostanza esiste almeno un solvente" si riferiscono, rispettivamente, a tutti i corvi, a tutti i mammiferi e a tutte le sostanze e i solventi che sono esistiti, che esistono e che esisteranno in ogni regione dello spazio; e questo è sufficiente per considerare illimitati tali enunciati, senza dover supporre che queste classi di oggetti empirici, o che le regioni dello spazio e del tempo fisici siano infinite.

Naturalmente questa interpretazione di "illimitato" non rende gli enunciati in questione più decidibili di quanto non faccia l'interpretazione in termini totalità infinite. La supposizione di finitezza sulle totalità empiriche è, infatti, compatibile con l'idea che queste totalità (compreso, ovviamente, l'intero universo) siano *epistemicamente aperte*, nel senso che il numero dei loro elementi è sempre maggiore di quelli effettivamente osservati (o suscettibili di essere osservati), indipendentemente da quanto grande sia il numero di questi ultimi. Pertanto, le totalità empiriche epistemicamente aperte sono totalità finite non completamente ispezionabili, nel senso specificato nelle sezioni 2.3.1 - 2.3.2. Così, per esempio, anche se la classe dei corvi, quella dei mammiferi e quella delle sostanze chimiche costituiscono classi finite – come conseguenza della finitezza dello spazio e del tempo fisici – esse rappresentano comunque classi non completamente ispezionabili, come risulta, tra l'altro, evidente dalla impossibilità fisica di accedere al passato (vedi sezione 2.3.4). E nelle sezioni 2.3.1-2.3.2., abbiamo visto che la quantificazione su totalità infinite o finite ma non completamente ispezionabili è indecidibile o, al massimo – se la quantificazione è uniforme – semidecidibile.

Considerazioni analoghe valgono, ovviamente, per le classi di riferimento degli enunciati di probabilità statistica. Come abbiamo visto nella sezione 2.3.3, l'interpretazione della probabilità statistica come «limite delle frequenze relative» dipende strettamente dall'assunzione della infinità delle classi di riferimento. Ma, come ha osservato Pap (1961, cap. XI, C), l'idea che tali classi empiriche siano infinite non è ovvia, né necessaria: nessuno, infatti, può seriamente pretendere, che, ad esempio, la serie dei lanci di una moneta sia effettivamente infinita. Secondo Pap, ciò che si intende effettivamente dire, quando si asserisce che le classi di riferimento sono infinite, è semplicemente che esse sono classi epistemicamente aperte, nel senso che è sempre possibile che abbiano un numero di elementi maggiore di quelli effettivamente osservati, indipendentemente da quanto grande è il numero degli elementi già osservati; e questo è perfettamente compatibile col fatto che il numero dei loro elementi sia finito, e anche relativamente piccolo.

Ma, come abbiamo visto, le classi epistemicamente aperte sono classi non completamente ispezionabili, e di cui non è possibile conoscere neanche il numero degli elementi. Di conseguenza, gli enunciati di probabilità statistica che vertono su classi di riferimento finite ma non ispezionabili si comportano, rispetto alla decidibilità, esattamente come quelli che vertono su classi di riferimento infinite: non sono, cioè, né verificabili, né falsificabili. Il vantaggio di questa interpretazione – sostiene, tuttavia, Pap – è che permette di definire la probabilità statistica come un rapporto tra due numeri finiti, anche se in linea di principio inconoscibili; evitando di introdurre la nozione di «limite», che involge la problematica nozione di «infinito» (vedi Pap, 1961, cap. XI, B).

2.3.4. La quarta ed ultima classe di enunciati è costituita dagli *enunciati singolari intorno a eventi passati*, in particolare del *passato remoto*.

Il problema posto da questi enunciati può essere formulato come segue.

Il passato non è epistemicamente accessibile, dal momento che non è fisicamente (empiricamente) possibile osservare gli eventi del passato. Di conseguenza, gli enunciati singolari intorno a eventi passati non sono enunciati osservativi che possono essere verificati o falsificati attraverso l'osservazione diretta (vedi *Osservazioni* 2.2 e *2.3*). Nel migliore dei casi, tutto ciò che possiamo osservare direttamente sono certi eventi presenti interpretabili come *tracce* di eventi passati. Ma perché un evento presente possa essere interpretato come una *traccia* di un evento passato, occorre che i due eventi siano connessi da una *relazione causale*: l'evento-traccia deve essere l'*effetto*, di cui l'evento passato è la *causa*. Ora, una relazione causale presuppone l'esistenza di una *legge di copertura* che connette la causa con l'effetto. In altri termini, si deve dare almeno un enunciato condizionale universale illimitato L, esprimente una legge causale, che, unitamente all'enunciato I, descrivente l'evento storico rappresentante la causa, permette di dedurre (inferire) logicamente l'enunciato E, descrivente la traccia che costituisce l'effetto; in simboli $L, I \Rightarrow E$ (leggi: da L e I si deduce E).

Ora, posto che I descriva l'evento passato, ed E, l'evento-traccia, ci si può chiedere se una prova osservativa diretta di E possa costituire una prova conclusiva indiretta di I. La risposta è, ovviamente, negativa. Come è noto, infatti, la relazione logica di deduzione trasmette la (prova della) verità dalle premesse alla conclusione, ma *non l'inverso*. Così, mentre non si può dare il caso che le premesse di una inferenza (deduzione) corretta siano vere e la conclusione falsa, si può benissimo dare il caso che la conclusione sia vera e le premesse false. Pertanto, da una prova della verità della conclusione E, concernente l'evento-traccia osservabile, non si può dedurre una prova della verità delle premesse L e I, e, quindi, non si può dedurre una prova di I, concernente l'evento passato non osservabile. Si può dare il caso, infatti, che la legge di coperture L sia falsa e che, quindi, l'evento osservato E abbia una causa diversa da I. Tutto ciò che si può ottenere da una prova di E è solo un certo grado di conferma (o probabilità) a favore di I, che la teoria bayesiana della conferma è in grado di valutare, come vedremo nella sezione 4.2.4.

Stabilito che una prova della verità di E non può fornire una prova conclusiva indiretta della verità di I, ci si può chiedere se, invece, una prova della falsità di E possa costituire una prova conclusiva indiretta della falsità di I; in modo che gli enunciati intorno al passato, pur non potendo essere verificati, possano almeno essere falsificati. In realtà, la relazione di deduzione, come trasmette la (prova della) verità dalle premesse alla conclusione, così, *dualmente*, trasmette la (prova della) falsità dalla conclusione alle premesse. Sennonché, la prova della falsità viene trasmessa alle premesse olisticamente prese, cioè, prese come un *tutto*, e non può essere diretta sulle singole premesse. In breve, da $L, I \Rightarrow E$ e $\neg E$ si può inferire, per *modus tollens*, la negazione della congiunzione delle premesse, $\neg(L \wedge I)$, che è logicamente equivalente a $\neg L \vee \neg I$ (che ci dice solo che o L o I o entrambi sono falsi); ma non si può inferire né $\neg L$, né $\neg I$, singolarmente presi. (Su questo aspetto logico è basata l'importante *Tesi di Duhem*, che discuteremo nelle sezioni 3.2 e 4.2.4). Per provare $\neg I$ **(**che è ciò che ci interessa) dovremmo disporre di una prova indipendente della verità di L; infatti, da L e $\neg L \vee \neg I$ si deduce (per *sillogismo disgiuntivo*) $\neg I$. Ma abbiamo visto che un enunciato universale illimitato (esprimente una legge fisica), come L, non può essere verificato. Pertanto, da una prova della falsità dell'enunciato che descrive l'evento-traccia (effetto), non si può derivare una prova della falsità dell'enunciato che descrive l'evento passato (causa). Anche in questo caso tutto ciò che si può ottenere è un certo grado di sconferma valutabile con metodi bayesiani nel modo vedremo nella sezione 4.2.4.

Così, gli enunciati intorno al passato sono, in linea di principio, completamente indecidibili: cioè, né verificabili, né falsificabili (vedi Dummett, 1978). Di conseguenza, essi vengono esclusi come non scientifici (o metafisici) da tutte le versioni di **CVD**. Ma questo significa escludere dall'ambito della scienza tutte le discipline di carattere storico, incluse la cosmologia, la paleontologia e la teoria dell'evoluzione. E un criterio di demarcazione che porti a questi risultati difficilmente può essere considerato adeguato.

Osservazione 2.8. Secondo Hempel (1950, nota 5) e Pap (1949, cap. XII e 1961, cap. II, B), la difficoltà connessa agli enunciati intorno al passato scompare, se si accetta l'interpretazione di Schlick della nozione di «verificabilità in linea di principio» come «possibilità *puramente logica* di verificazione»; in base alla quale un enunciato (non analitico) è verificabile in linea di principio, se l'evidenza osservativa che lo verificherebbe è logicamente possibile – cioè descrivibile in modo coerente – indipendentemente dalla possibilità fisica (empirica) di accedere epistemicamente ad essa (vedi *Osservazione 2.2*).

Tale interpretazione porta, ovviamente, a estendere la nozione di «enunciato osservativo» a tutti gli enunciati singolari che descrivono dati osservativi logicamente possibili, ma empiricamente (fisicamente) inaccessibili; ampliando, di conseguenza, la classe degli enunciati verificabili, in modo da includere gli enunciati singolari intorno a eventi passati, dal momento che i dati osservativi che verificherebbero tali enunciati, pur non essendo empiricamente accessibili, sono, tuttavia, perfettamente concepibili e coerentemente descrivibili.

Un punto di vista simile è stato sostenuto recentemente da Prawitz (1998), secondo cui un enunciato intorno a un evento passato è verificabile in linea di principio, se «potrebbe essere stato verificato» da un potenziale osservatore che si fosse trovato nel posto giusto al momento giusto per osservare direttamente l'evento. Così, anche se l'evidenza osservativa è ora andata definitivamente perduta e non è, né sarà più empiricamente possibile avere accesso ad essa, l'enunciato può essere considerato decidibile in linea di principio, in quanto sappiamo che *potrebbe essere stato* effettivamente deciso (verificato). E anche Dummett – che aveva precedentemente sostenuto l'indecidibilità degli enunciati intorno al passato (vedi Dummett, 1978) – sembra ora propenso ad accettare il punto di vista di Prawitz (vedi Dummett, 2004, pp. 103-104), sia pure con molti dubbi e perplessità, per l'ampia concessione al «realismo semantico» che questo punto di vista comporta (ove per «realismo semantico» Dummett intende la concezione vero-condizionale standard del significato, basata sulla nozione classica di «verità», in opposizione alla concezione verificazionista del significato, basata sulla nozione intuizionista della «verità come verificazione (o prova)», che Dummett classifica come «antirealismo semantico»).

In realtà, i dubbi di Dummett a questo riguardo sono giustificati in misura anche maggiore di quanto sembri ritenere lo stesso Dummett. Nella sezione 2.1, infatti, abbiamo osservato come l'interpretazione *logica* della «verificabilità» – a cui ci sembra sostanzialmente riconducibile la posizione di Prawitz – porti a identificare le condizioni di verificazione con le condizioni di verità classiche, riducendo la questione pragmatica della decidibilità alla questione logico-semantica standard del significato e della verità. Questo aspetto può essere illustrato intuitivamente come segue. Abbiamo visto che, secondo la concezione semantica standard, comprendere il significato di un enunciato significa sapere *che cosa accade*, se l'enunciato è vero. Ma allora comprendere un enunciato (non analitico) significherà anche sapere quale evidenza empirica *logicamente possibile* potrebbe verificare l'enunciato, indipendentemente dalla *possibilità empirica* di accedere a tale evidenza. Pertanto, se si accetta l'interpretazione logica, qualsiasi enunciato non analitico, che sia significante secondo **CSS** e logicamente coerente, sarà, per ciò stesso, anche verificabile in linea di principio; inclusi enunciati che sono empiricamente del tutto indecidibili, come, per esempio, l'enunciato di Poincaré-Pap, dal momento che i dati osservativi che verificherebbero tale enunciato sono logicamente concepibili e coerentemente descrivibili, anche se, come abbiamo visto, è empiricamente (fisicamente) impossibile accedere epistemicamente ad essi.

Così, l'interpretazione logica della «verificabilità» risolve la difficoltà degli enunciati intorno al passato solo al costo di rendere il criterio di verificabilità così ampio da essere indistinguibile da **CSS** e, quindi, sostanzialmente inutile. E questo non è, ovviamente, un modo accettabile di risolvere il problema della decidibilità degli enunciati intorno agli eventi passati.

2.3.5. Nelle sezioni 2.3.1 – 2.3.4 abbiamo mostrato che **CVD** non è *sufficientemente ampio* da includere tutti gli enunciati scientificamente rilevanti. In questa sezione mostreremo che **CVD** non è neanche *sufficientemente stretto* da escludere tutti gli enunciati chiaramente metafisici (o non scientifici).

Quest'ultimo limite di **CVD**, meno noto del primo, è stato messo in luce da Hempel (1950; vedi anche Scheffler, 1963, cap. II, § 3). L'argomentazione di Hempel riguarda essenzialmente il criterio verificabilista del significato (**CVS**); ma, con una opportuna lieve modifica, può essere applicato anche alla nostra riformulazione (**CVD**) del criterio verificabilista di demarcazione.

L'argomentazione originale di Hempel è la seguente.

Sia S un enunciato non analitico significante secondo **CVS**: questo significa che S è verificabile; e, quindi è un enunciato osservativo o è deducibile da un insieme finito e coerente di enunciati osservativi (vedi *Osservazione 2.3*). E sia M un enunciato del tutto privo di senso – sia dal punto di vista intuitivo, sia per **CSS**, che anche per **CVS** – come, per esempio, "Il niente stesso nientifica" o "L'Assoluto è perfetto". Allora, applicando la *regola di introduzione del connettivo* $\vee$ (o *regola di addizione*), da S è deducibile l'enunciato disgiuntivo $S \vee M$. Poiché S è un enunciato verificabile, allora anche $S \vee M$ – in quanto deducibile da S – è, per definizione, verificabile (cioè deducibile da un insieme finito e coerente di enunciati osservativi); e, quindi, per **CVS**, dotati di senso. Naturalmente, **CVS** era stato introdotto proprio allo scopo di escludere tutti gli enunciati di questo tipo. Ma l'argomento di Hempel mostra che, se, come criterio di significato, si assume **CVS**, non c'è modo di escludere alcun enunciato metafisico, neanche quelli costituiti da pseudoenunciati privi di senso.

Ovviamente, questa critica non si applica al nostro criterio di significato **CSS** che esclude tutti gli pseudoenunciati privi di significato cognitivo. Né è applicabile, direttamente o indirettamente, al nostro criterio di demarcazione **CVD** che – attraverso la condizione (i) – esclude tutti gli (pseudo)enunciati che non soddisfano **CSS**, eliminando, così, anche la possibilità che essi ricorranno come premesse o conclusioni di argomentazioni deduttive. E questo costituisce certamente un vantaggio importante del criterio di significato **CSS** e della versione **CVD** del criterio verificazionista di demarcazione.

Tuttavia, l'argomentazione di Hempel può essere facilmente riformulata in una versione indebolita, applicabile a **CVD**, nel modo seguente.

Sia S un enunciato scientifico secondo **CVD**: questo significa che S è significante secondo **CSS** e verificabile nel senso specificato. E sia M un enunciato significante secondo **CSS**, ma in linea di principio completamente indecidibile, come, per esempio, il summenzionato enunciato di Poincaré - Pap. Ora, come abbiamo visto, da S è deducibile $S \vee M$. Poiché $S \vee M$ è significante ed è deducibile da un enunciato verificabile (e scientifico), allora anche $S \vee M$ è verificabile; e, quindi, scientifico, in base a **CVD**.

Naturalmente **CVD** era stato introdotto proprio per escludere enunciati di questo tipo. Ma l'argomentazione precedente mostra che, se, come criterio di demarcazione, si accetta **CVD**, è possibile escludere solo gli enunciati metafisici che sono privi di senso ma non quelli che sono dotati di senso, ma indecidibili. Così **CVD** non è in grado di assolvere il suo compito.